

## Efecto de la desalinización sobre la estructura de la comunidad planctónica en la Laguna de la Leche, Cuba.

### *Desalinization effects over planktonic community structure in Laguna de la Leche, Cuba.*

Genoveva Popowski\*, Amparo Campos\*, Magalys Sánchez\*, Nilda Borrero\*, Ricardo Gómez\*\* y María Concepción Pérez\*\*\*

\* *Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. Avenida 1ra #18406 e/184 y 186, Playa. Ciudad Habana.*

\*\* *Facultad de Ciencias Médicas, MINSAP. Ciego de Avila. Cuba.*

\*\*\* *Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba. Carretera de Varona Km 31/2. Capdevilla, Boyeros, Ciudad Habana. Cuba.*

#### Resumen

Con el propósito de aprovechar con fines socioeconómicos el mayor sistema lacustre del país se determinó cerrar su comunicación con el mar abierto. El efecto de la desalinización sobre la comunidad planctónica fue analizada en tres muestreos realizados antes, 15 días y ocho meses después del cierre del canal de Chicola, en la Laguna de la Leche, Provincia de Ciego de Avila. Los resultados obtenidos demuestran que a pesar de los intensos cambios de salinidad sufridos (44% del primer muestreo a 4% en el último) la laguna mantuvo su nivel de eutroficación donde persistió un dominio del plancton marino. En el momento del cierre se observaron las mayores afectaciones en la comunidad, reflejados entre otras causas, por el desequilibrio de la relación N:P. La concentración de células y la biomasa de fitoplancton fueron superiores en fondo debido a la estratificación existente. Los organismos dulceacuícolas se expandieron con mayor fuerza a partir del tercer muestreo donde al parecer el ecosistema se recuperó luego de la fuerte tensión sufrida. La composición específica del fitoplancton así como su abundancia sufrieron cambios junto a las variaciones halinas de la laguna.

#### Abstract

With the intention to use with socioeconomic propose the biggest lacustrine system of the country, the communication with the open sea was closed. The desalinization effect over the planktonic community was analyzed in three cruises made before, 15 days and 8 months after Chicolas Channel, in Milk's Lagoon, Ciego de Avila province, was closed. The results show that in spite of intensens changes of salinity (44% in the first cruise and 4% in the last), the lagoon maintain its eutrophication level, where persists the predominance of marine plankton. When the channel was closed (15 days after), were observed the great afectation of the community reflected among other causes, by desequilibrium in the relationship of N:P. The cells' concentration and the phytoplankton's biomass were higher in the bottom because of the existent stratification. The freshwater organisms were expanded with major force since the third cruiser, where apparently the ecosystem was recuperated after the great stress suffered. The specific phytoplankton's composition so that its abundance suffered changes with the saline variations of the lagoon.

**Palabras claves:** eutroficación, plancton, lagunas costeras, desalinización.

**Key Words:** eutrophication, plankton, coastal lagoon, desalinization.

## INTRODUCCIÓN

La conservación del medio ambiente junto al imperioso desarrollo socioeconómico van unidos al propósito de aprovechar al máximo cada uno de los recursos del país y los procesos de eutroficación que repercuten en la calidad de las aguas, constituyen temas importantes en las investigaciones actuales.

En esta dirección el Gobierno de la Provincia de Ciego de Avila, trazó sus objetivos hacia la recuperación y la utilización de la mayor laguna de Cuba, la Laguna de la Leche, en la acuicultura, el turismo, la recreación y el deporte.

Ante los objetivos propuestos la Comisión de Medio Ambiente de esta Provincia tuvo a su cargo la ejecución de una investigación que recomendara las medidas y controles a tomar en la laguna para su descontaminación y posterior desalinización.

En los últimos años, la laguna de la Leche ha sufrido diversas transformaciones de tipo antrópico que modificaron sus condiciones naturales, además del impacto producido por vertimientos de residuales que limitan su utilización económica y social.

La literatura plantea que alrededor del año 1930, esta laguna sufrió la primera transformación de agua dulce a salada, al comunicarla con el mar a través del canal de Chicola.

En ella se hacen referencias sobre su riqueza en la fauna marina que la habitaba (peces, crustáceos, moluscos, etc.) y su aspecto lechoso muy propio y característico al que debe su nombre

En el estudio de esta laguna se funden dos aspectos de interés, uno de ellos, sus condiciones naturales-históricas y el otro, el fenómeno de la eutroficación por acción antropogénica.

A pesar de los numerosos trabajos realizados en Cuba en este tipo de ecosistema, ninguno ha abordado esta problemática presentada en la Laguna de la Leche. Con respecto a la estructura comunitaria del plancton no se cuenta con investigaciones precedentes, que puedan servir de base al presente estudio.

Esta investigación tuvo como propósito evaluar las comunidades planctónicas durante el proceso de desalinización para lo cual se trazaron como objetivo conocer la evolución trófica del sistema, y analizar las afectaciones estructurales de las mismas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Laguna de la Leche situada al N de la Provincia de Ciego de Avila tiene una extensión superficial de 66,15 Km<sup>2</sup> y una profundidad media de 1,5 m. Los ríos que llegan a ella poseen cuencas limitadas con un escurrimiento medio anual menor a 5 l/seg x Km<sup>2</sup> (GÓMEZ CARRO, PÉREZ EIRITZ, PUBLILLONES, AMADOR, POPOWSKI Y SÁNCHEZ, 1990). Su comunicación con el mar se realizaba a través del Canal de Chicola y de los esteros ubicados al N.

Durante la investigación se realizaron tres campañas al área, una en marzo de 1988 cuando existía plena comunicación con el mar, otra a quince días del momento del cierre (agosto/88) y la última 8 meses posteriores al cierre (abril/89).

Se situaron un total de 12 estaciones a lo largo de un perfil central y otro transversal, mientras que otras 2 estaciones fueron ubicadas en las Ensenadas de Macho y del Indio (Fig. 1).

Las colectas se realizaron en superficie y en el fondo. El análisis de fondo se centró en las variables salinidad, concentración y biomasa del fitoplancton.

En cada estación se tomaron con botella Van-Dorn alrededor de 25 litros de agua que posteriormente fueron destinados al análisis de la salinidad, nitrógeno y fósforo total y soluble y el fitoplancton.

Las muestras de fitoplancton se procesaron según POPOWSKI Y BORRERO (1989) y su biomasa fue expresada en contenido de carbono por la ecuación descrita por STRATHMANN (1967).

Los filtros utilizados para la determinación del peso seco fueron secados en una estufa a 100°C y pesados aquellos que contenían las fracciones menores de 133 µm; se incineraron posteriormente, a 450°C durante dos horas, mientras que los filtros con la



Fig. 1. Ubicación de las estaciones y principales fuentes contaminantes del área.  
 Fig. 1. Location of sampling stations and principal pollutes sources of the area.

fracción mayor fueron incinerados a 800°C durante 30 minutos siguiendo el método de LOVEGROVE (1967).

Las muestras de zooplancton fueron colectadas con red cilindro-cónica de 50 cm de diámetro y malla filtrante de 133  $\mu$ m.

La cuantificación del zooplancton se realizó diluyendo cada muestra en un volumen de agua determinado extrayendo del contenido dos alícuotas de 2 ml de la muestra con pipeta Stempel. La biomasa fué estimada por el método de CHISLENKO (1968).

Los análisis de la salinidad, fósforo y nitrógeno total solubles fueron realizados por el laboratorio de Oceanografía Química del Instituto de Oceanología.

Los índices de diversidad fueron calculados a partir de la expresión de SHANNON Y WEAVER (1963).

El índice de similitud de Sorensen y de disimilitud de Camberra junto al análisis nodal se aplicaron para conocer la tendencia de agrupamiento entre las especies marinas y dulceacuícolas durante el proceso de desalinización con relación a las estaciones de la laguna .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de la salinidad

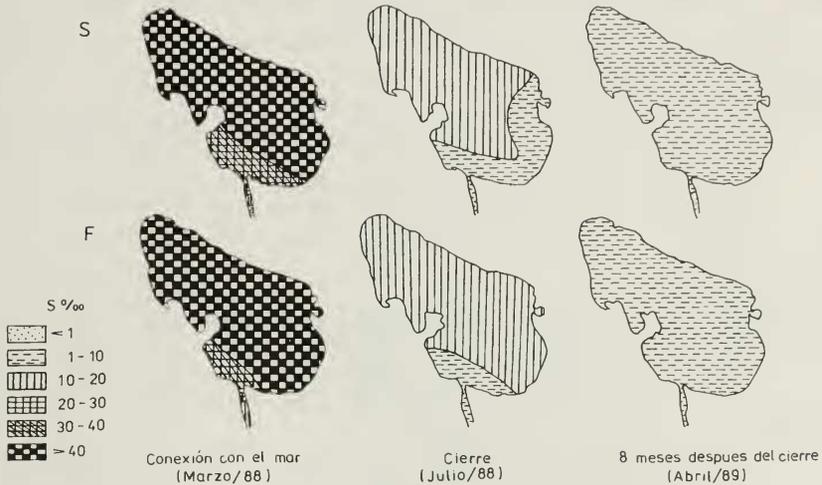
La salinidad, uno de los factores claves en este análisis, varió en superficie desde 43,17 hasta 1‰. En el primer crucero dicho parámetro presentó valores superiores a las concentraciones propias del agua de mar, pudiéndose considerar esta laguna como hipersalina (37,75-43,17‰). En el momento del cierre la salinidad baja y varía su concentración desde 11,85 hasta 2,44‰., ocho meses después del cierre del Canal de Chicola, la laguna se torna muy homogénea (4,14-4,90‰) determinandose sólo en la estación 3 una concentración de 1‰, que representa el valor mínimo alcanzado en estas aguas. (Fig.2)

En el fondo existe una evolución muy similar a la superficie durante el proceso de desalinización, pero con concentraciones que tienden a ser algo superiores al nivel superficial (44,25- 2,59‰).

La distribución de este parámetro señala a las estaciones del canal La Legua como las menos halinas de todo el área. Estas bajas concentraciones se desplazan hacia la Ensenada de Macho (est. 54) ocupando una mayor extensión en superficie y hacia el segundo crucero, donde dicha dilución llega a las proximidades de Los Cayuelos. (Fig.2)

### Evolución de los nutrientes

El fósforo total alcanza concentraciones altas durante el primer crucero, decrece en el segundo y vuelve a incrementarse durante el tercer muestreo (Tabla 1). Estas concentraciones son mayores a las reportadas por otros autores en diferentes lagunas costeras y sólo son comparables con aquellas que presentan cierto grado de contaminación aunque no sobrepasan los límites de aguas con señales peligrosas de contaminación (+90  $\mu$ g P/l; KETCHUM, 1969). Los mayores valores del fósforo fueron determinados cuando la laguna estaba comunicada con el mar, en aquellos puntos donde el aporte de agua dulce y los



**Fig. 2.** Distribución de la salinidad en los tres períodos estudiados en el nivel superficial (arriba) y en el nivel de fondo (abajo).

**Fig. 2.** Distribution of salinity in three sampling period at the surface (S) and bottom (F) level.

vertimientos de los residuales domésticos, industriales y agrícolas (est. 3, 40 y 54) eran mayores. Estos niveles de concentración disminuyen una vez que se cierra la comunicación con el mar y son controlados los vertimientos. En la estación 3 se mantienen las concentraciones altas durante los tres muestreos, mientras que en la estación 12 sólo los mantiene al momento del cierre. (Tabla 1)

Las concentraciones de fósforo soluble se mantuvieron muy homogéneas durante todo el proceso.

El nitrógeno total soluble alcanzó concentraciones entre 1,97 y 106  $\mu\text{g/l}$ . Antes y después del cierre sus concentraciones son altas, decreciendo extraordinariamente al momento del cierre del Canal. (Tabla 1)

Las relaciones N:P fueron altas (hasta 175) durante el primero y tercer crucero indicando al fósforo como limitante en este proceso. Aunque son procesos similares, las causas que lo producen parecen ser diferentes; en el primer caso pueden estar interactuando la contaminación, y la mineralización de la materia orgánica a través de las bacterias. Ya en el tercer crucero el déficit de fósforo puede deberse al considerable incremento de células y de biomasa fitoplanctónica existente junto al extraordinario desarrollo de las bacterias saprofitas, descomponedoras de la materia orgánica. Estas bacterias provocaron la descomposición de los peces durante este período en la laguna (GÓMEZ CARRO *ET AL.*, 1990).

Sin embargo a los quince días del cierre, las relaciones N:P fueron muy bajas indicando un déficit del nitrógeno en el medio. Dos meses antes del muestreo se produjeron intensas lluvias en la Provincia que provocaron niveles de salinidad muy bajos y un lavado total de la laguna, momento que se aprovechó para el cierre del Canal. Esto pudo influir en la disminución de los nutrientes del sistema al momento del muestreo.

	ESTACIONES											
	3	5	9	12	14	22	25	29	33	37	40	54
<b>Crucero I</b>												
Ps	9.61	-	0.33	0.38	0.38	0.57	1.43	0.71	0.43	0.43	12.2	0.6
Pp	7.17	6.82	3.40	2.99	3.50	3.56	2.84	3.25	3.50	3.14	5.9	5.2
Pt	16.87	-	3.70	3.37	3.88	4.13	4.26	3.96	3.93	3.57	18.08	5.8
Nt	43.76	52.25	8.41	53.60	30.62	71.31	46.12	26.22	65.14	55.70	55.23	44.99
N/P	3.6	-	175	141	80	125	82	37	152	129	4.5	67
<b>Crucero II</b>												
Ps	2.41	0.20	1.18	3.69	0.77	0.97	0.36	0.51	0.92	1.02	0.97	0.77
Pp	1.85	1.18	1.20	2.37	1.40	0.99	0.74	0.79	0.64	1.07	0.86	0.65
Pt	4.26	1.38	2.38	6.06	2.17	1.96	1.10	1.30	1.56	2.09	1.83	1.42
Nt	1.98	2.75	4.42	4.27	3.83	4.87	3.51	3.29	3.80	3.85	3.42	2.78
N/P	0.81	13.70	3.70	1.20	4.90	4.90	9.70	6.50	4.10	3.80	3.50	3.60
<b>Crucero III</b>												
Ps	8.85	0.75	1.00	0.85	0.90	1.05	1.25	0.90	0.95	0.85	1.00	1.00
Pp	4.08	4.11	3.08	1.82	2.13	2.12	1.67	1.83	2.00	2.27	1.73	3.53
Pt	12.93	4.86	4.08	2.67	3.03	3.17	2.92	2.73	2.95	3.12	2.73	4.53
Nt	106.07	54.06	66.80	33.09	53.07	58.32	62.21	68.24	83.04	83.46	82.76	49.95
N/P	11.90	72	67	39	59	55	50	76	87	98	83	50

**Tabla 1.** Concentraciones de fósforo soluble (Ps), fósforo particulado (Pp), fósforo total (Pt) y nitrógeno total soluble (Nt) expresados en  $\mu\text{g-at/l}$ , y valores de la relación N/P, durante el proceso de desalinización.

**Table 1.** Concentrations of soluble phosphorus (Ps), particulate phosphorus (Pp), total phosphorus (Pt) and total soluble nitrogen (Nt) express in  $\mu\text{g-at/l}$ , and values of the relation N/P during desalinization processus.

**Características y evolución de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas**

La concentración celular del fitoplancton, como promedio, varió desde 2507 hasta  $29528 \times 10^6 \text{ cel/m}^3$  en superficie y de 5387 a  $114\ 255 \times 10^6 \text{ cel/m}^3$  en fondo (Fig.3). Cuantitativamente entre el primero y el segundo crucero no existieron diferencias en superficie, motivado principalmente por los bruscos cambios de salinidad ocurridos en el área que lógicamente no permitieron un mayor desarrollo de la comunidad sino una adaptación que se pone de manifiesto en los cambios de estructura y del funcionamiento de estas células.

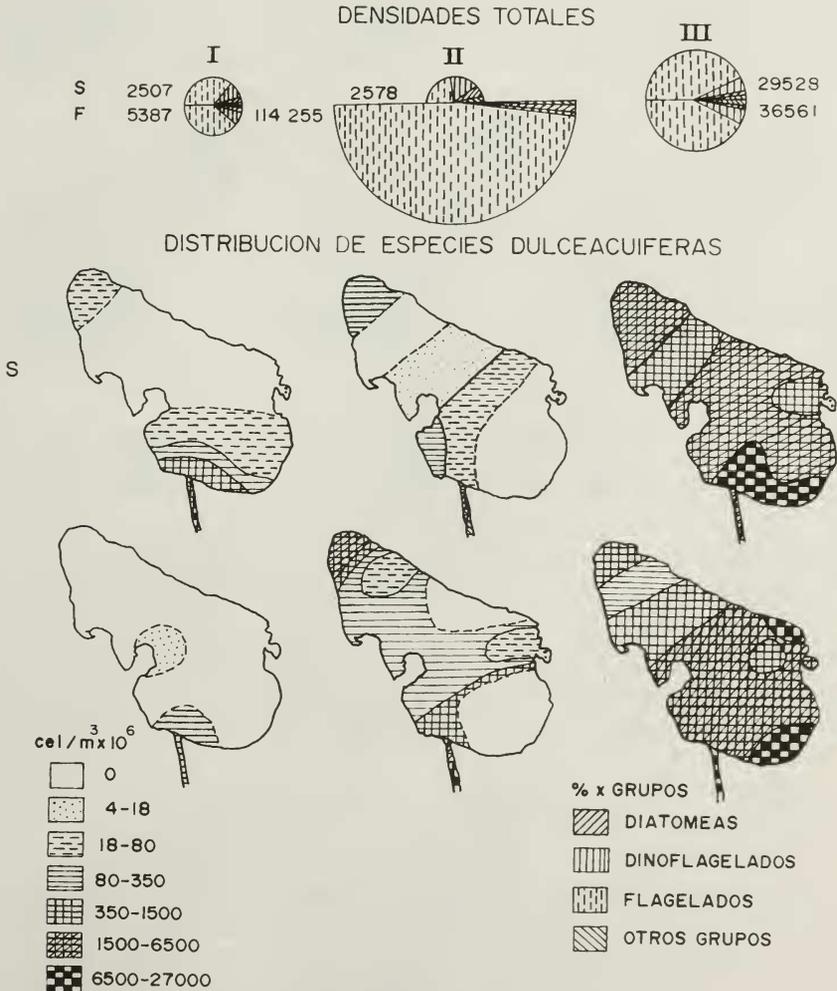
La composición por grupos no sufrió cambios en la superficie, los flagelados predominaron siempre en el área (50-88%); las diatomeas ocuparon el segundo lugar en importancia pero con porcentajes bajos (9-36%).

Los flagelados son organismos que en nuestras aguas han resultados dominantes en todos los ecosistemas estudiados hasta el momento, donde el grado de salinidad ha sido muy diverso, desde una salina (44-260%) hasta las concentraciones halladas en esta laguna (1- 44%).

Otros grupos como los dinoflagelados, cianofíceas, clorofitas y euglenales han estado presentes pero en proporciones muy bajas (9 a 16%). (Fig.3)

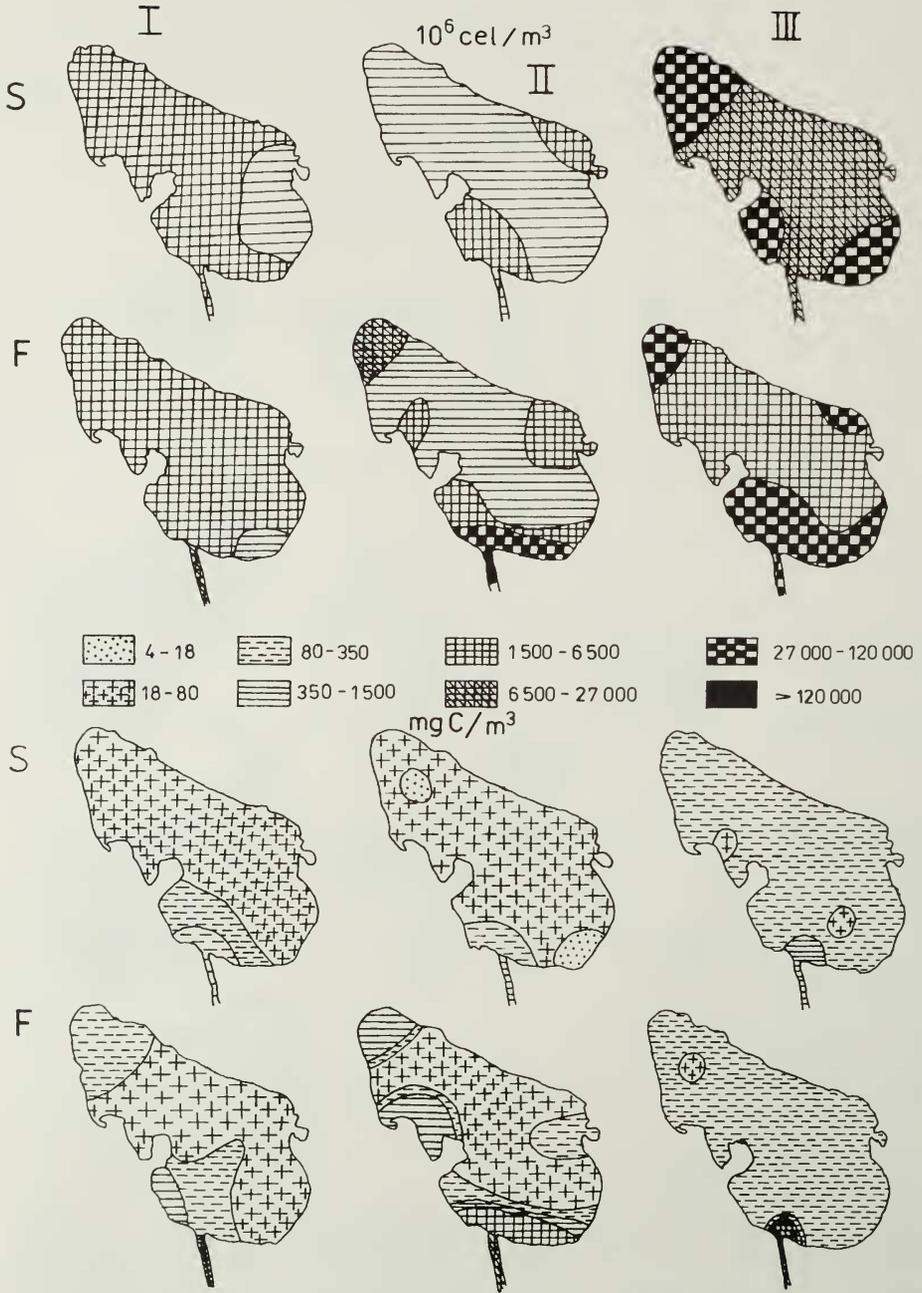
Las especies dulceacuícolas, cuantitativamente, sólo llegan a representar un 6% de la comunidad fitoplanctónica.

Se aprecia un cambio en la distribución de estos organismos donde las concentraciones más elevadas se distribuyen ampliamente por toda la laguna dejando sólo dos áreas de densidades menores (Fig.3). Sin embargo en el muestreo de agosto las áreas más densas se reducen hacia la zona comprendida entre el Canal La Legua y la Ensenada del Indio y en la estación 14, próxima al cebadero de toros.



**Fig. 3.** Densidad promedio del fitoplancton en superficie (S) y en fondo (F) en los tres cruceros realizados: I marzo/88, II agosto/88 y III abril/89. Dentro del semicírculo se ofrecen los porcentajes por grupos fitoplanctónicos que habitan en la laguna (arriba). Abajo se representan la distribución de las especies dulceacuícolas en los mismos niveles y cruceros señalados arriba.

**Fig. 3.** Mean density of phytoplankton at surface (S) and bottom (F) in the three cruiser made: I march/88, II august/88 and III april/89. On offer inside the semicircle are indicate the percentages by phytoplankton groups which habit in the lagoon (above). Down are performed the distribution of freshwater species in the same levels and cruisers already mentioned.



**Fig. 4.** Distribución de la densidad ( $10^6 \text{ cel/m}^3$ ) y de la biomasa ( $\text{mgC/m}^3$ ) fitoplanctónica durante los tres periodos muestreados.

**Fig. 4.** Distribution of phytoplankton density ( $10^6 \text{ cel/m}^3$ ) and biomass ( $\text{mgC/m}^3$ ) during the three periods and two levels sampling.

El tercer crucero que resultó ser el más rico, concentró hacia cuatro áreas las mayores densidades del fitoplancton. (Fig.4)

En el nivel de fondo se observan otras características diferentes al nivel superficial sobre todo hacia el momento del cierre que es donde se obtienen las concentraciones de fitoplancton superiores para la laguna y donde las diatomeas dominan el área en un 97%. Este cambio de dominancia de flagelados a diatomeas sugiere la posibilidad de un incremento en nutrientes que permitió el desarrollo de este grupo sobre otros. Dicho cambio pudiera estar dado en un principio por las propias diferencias de salinidad encontradas en el fondo, esta capa más densa no permite una efectiva mezcla, el lavado sufrido en superficie no llega al fondo con la misma intensidad y los nutrientes remanentes en fondo hacen disparar el desarrollo de este grupo específicamente en el área del Canal la Legua ( $1237964 \times 10^6$  cel/m<sup>3</sup>) desplazándose a todo lo ancho hasta San Fernando (est.22) y la Ensenada del Indio (Fig. 4). Este florecimiento estuvo determinado por una especie de *Chaetoceros* ( $1177857 \times 10^6$  cel/m<sup>3</sup>) en la estación 3.

La distribución de las especies dulceacuícolas presentan en el Canal La Legua las mayores concentraciones. La tendencia general que se observa es la de ir ocupando la franja oeste de la laguna hasta el Canal de Chicola expandiéndose cada vez más a medida que el proceso de desalinización avanza hasta llegar a poblar toda la laguna, alcanzado concentraciones máximas entre  $1500$  y  $6500 \times 10^6$  cel/m<sup>3</sup>). (Fig.4)

Con respecto a la biomasa fitoplanctónica, la distribución no se corresponde totalmente con la distribución de la densidad. Esto está reflejado por el considerable aporte que han ofrecido a la biomasa de la laguna las diatomeas, cianofíceas y dinoflagelados sobre todo a partir del momento del cierre del Canal. (Fig. 4)

Durante el primer crucero, los flagelados tienen una buena contribución a la biomasa pero en algunas estaciones comparten con las diatomeas o con los dinoflagelados dicho aporte.

En superficie los valores más elevados se agrupan hacia el área del Canal La Legua abarcando la zona de la Ensenada del Indio. En el tercer crucero se incrementan los contenidos de carbono con respecto a los dos cruceros anteriores y esta tendencia se limita al Canal La Legua.

En fondo se observa una distribución más heterogénea en los primeros cruceros con relación al nivel de superficie, ya en el tercero las distribuciones de ambos niveles se equiparan y son muy similares. (Fig.4)

Los valores obtenidos en la densidad y en la biomasa fitoplanctónica indican que las aguas de la laguna han mantenido valores eutróficos durante todo el proceso de desalinización. En tal sentido el fitoplancton ha jugado un importante papel, no sólo como un potencial de biomasa sino también como productor primario. GÓMEZ-CARRO ET. AL; (1990) comprueban que en el sistema lagunar durante 1988 la producción primaria se superpone a los procesos de descomposición.

Los agrupamientos por estaciones de acuerdo a la presencia o ausencia de las especies y su grado de constancia delimitan en sentido general a la estación 3 del resto del conjunto, menos durante el primer crucero que presenta cierta afinidad con aquellas estaciones de su entorno. (Fig. 5)

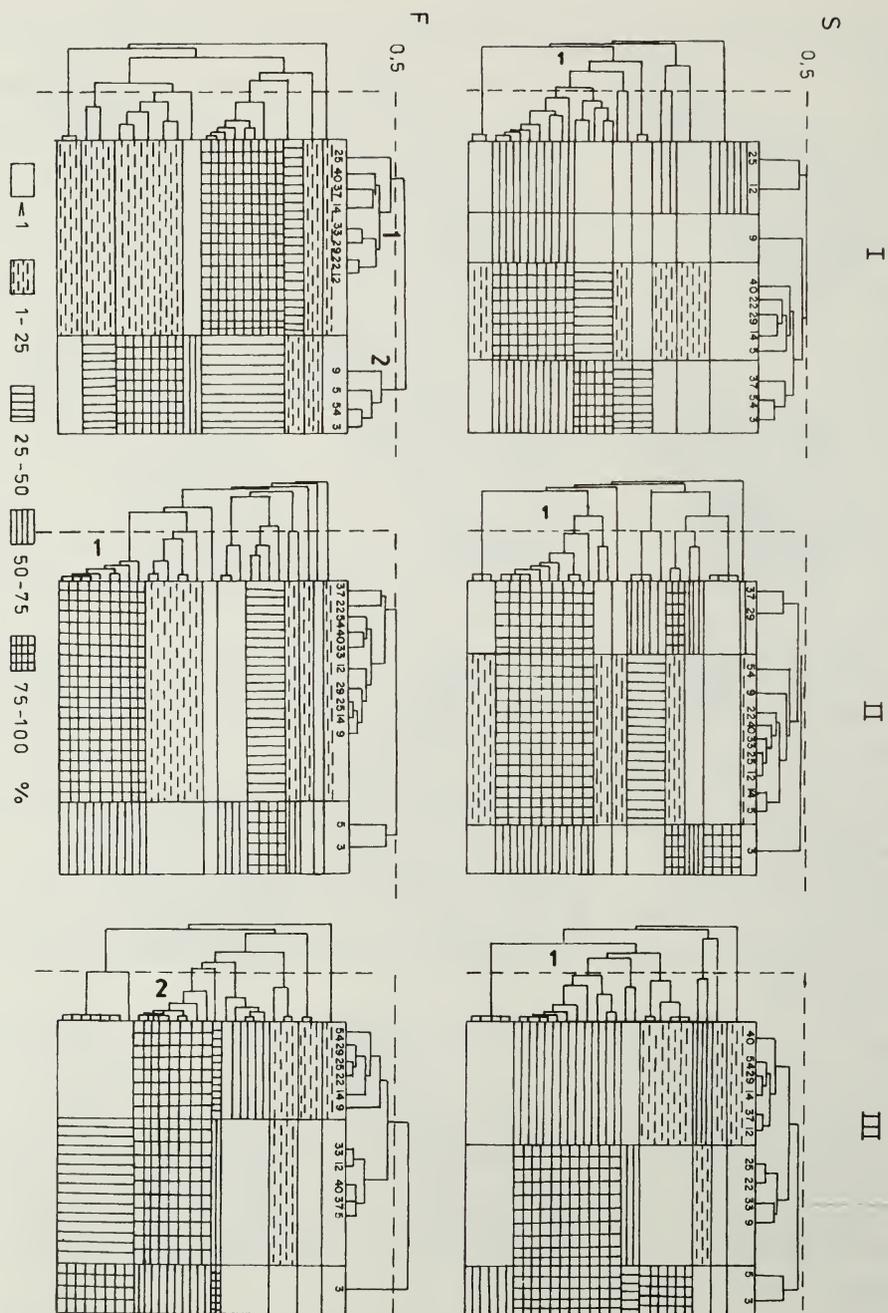


Fig. 5. Análisis nodal del agrupamiento específico del fito plancton durante el proceso de desalinización y a los dos niveles muestreados.

Fig. 5. Nodal analysis of the specific phytoplankton cluster during desalinization process and in two levels sam pling.

Estos agrupamientos encierran diferentes características en cada uno de los muestreos realizados y a los diferentes niveles muestreados. Ellos se definen por la naturaleza marina o dulceacuícola de las especies y señalan además, los momentos y lugares donde ambas especies se unen poniendo en evidencia la mezcla de las aguas. (Fig. 5)

En superficie, el grupo de especies (1) de mayor constancia en toda el área y en todos los cruceros está formado por especies netamente marinas (*Gymnodinium* sp<sub>1</sub>, *Gyrodinium* sp, *Nitzschia longissima*, *Navicula* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>, sp<sub>3</sub>, *Flagelado* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>, sp<sub>3</sub>, *Peridinium* sp<sub>1</sub> y *Chaetoceros* sp<sub>1</sub>) que hacia el tercer crucero se entremezclan con algunas especies características de agua dulce (*Scenedesmus* sp, *Ankistrodesmus* sp, y *Thalassiosira* sp, especie esta característica de nuestra plataforma, siempre presente en momentos de fuertes escurrimientos).

Si detallamos los agrupamientos por cruceros en sentido general se visualiza una evolución hacia la mezcla de especies marinas y dulceacuícolas. Por ejemplo, en el primer muestreo los grupos formados por las estaciones 12 y 25 y la estación 9 independiente sólo presentan especies marinas. El otro agrupamiento responde a la mezcla entre ambos tipos de especies donde aparecen unidas el grueso de las estaciones del área. Entre ellas la diferencia se obtiene por la mayor presencia de especies dulceacuícolas en las estaciones 3, 54 y 37. (Fig. 5)

En el nivel de fondo, los agrupamientos son diferentes y mucho más disímiles a los de superficie. No existe un grupo de especies determinadas que durante todo el proceso indiquen su constancia sino que el agrupamiento de las especies se modifica con la inclusión o exclusión de otras aunque las especies marinas siguen dominando hasta llegar al tercer muestreo donde se evidencia nuevamente la mezcla.

En el primer crucero los dos grupos de estaciones definidos encuentran precisamente sus diferencias en la mayor constancia de especies marinas (*Prorocentrum micans*, *Navicula* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>, sp<sub>3</sub>, *Gyrodinium* sp, *Flagelado* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub> y *Nitzschia longissima*) que se hace mayor en el grupo 1 de las estaciones. En el grupo 2 ya existe la presencia de una especie dulceacuícola (*Eutreptia* sp) junto a otras del sistema marino (*Flagelado* A, *Thalassiosira* sp<sub>1</sub> y *Gymnodinium* sp<sub>1</sub> y sp<sub>g</sub>).

En agosto el grupo de especies (1) de mayor incidencia en las aguas de la laguna es netamente marinas (*Chaetoceros* sp, *Peridinium* sp, *Gyrodinium* sp, *Gymnodinium* sp, *Flagelado* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>, sp<sub>3</sub> y *Navicula* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>).

En abril ya se observa con mayor constancia los grupos de especies combinadas entre marinas y dulceacuícolas. El grupo 2 por ejemplo, reúne especies como *Thalassiosira* sp, *Ankistrodesmus* sp, *Nitzschia longissima*, *Navicula* sp<sub>1</sub>, sp<sub>2</sub>, *Gymnodinium* sp<sub>1</sub> y *Flagelado* sp<sub>1</sub>). (Fig. 5)

En sentido general, en la laguna la diversidad específica del fitoplancton se incrementó hacia el segundo crucero, momento en que se produce el cierre del canal y donde comienza a ser poblada la laguna con especies dulceacuícolas sumándose a las marinas ya existentes.

A los ocho meses posteriores quedan en el sistemas aquellas especies que se adaptaron al brusco cambio salino por lo que los valores del índice de diversidad tienden a bajar nuevamente y se hacen menores a los obtenidos al inicio del proceso. (Tabla 2)

CRUCEROS	INDICE DE DIVERSIDAD					
	FITOPLANCTON			ZOOPLANCTON		
	I	II	III	I	II	III
ESTACIONES						
3	1.60	1.72	1.86	1.38	0.75	0.94
5	1.69	1.45	0.80	0.55	0.30	0.96
9	0.60	1.82	0.66	0.55	1.46	0.67
12	0.87	1.43	0.69	0.69	1.50	0.41
14	0.98	1.48	0.52	0.45	1.17	1.04
22	0.72	1.70	0.54	0.56	0.66	0.99
25	0.20	1.64	0.57	0.27	0.99	0.68
29	1.15	1.55	0.42	0.55	0.77	-
33	-	1.47	0.49	0.77	0.91	0.87
37	0.92	1.57	0.43	1.23	1.01	1.07
40	0.89	1.74	0.32	1.13	0.82	0.84
54	2.00	1.58	0.44	1.21	1.14	0.96

**Tabla 2.** Índice de diversidad (bits/find) de las comunidades fito y zooloplanctónicas durante el proceso de desalinización.

**Table 2.** Index of diversity (bits/find) of the phyto and zooplanktonic community during desalination process.

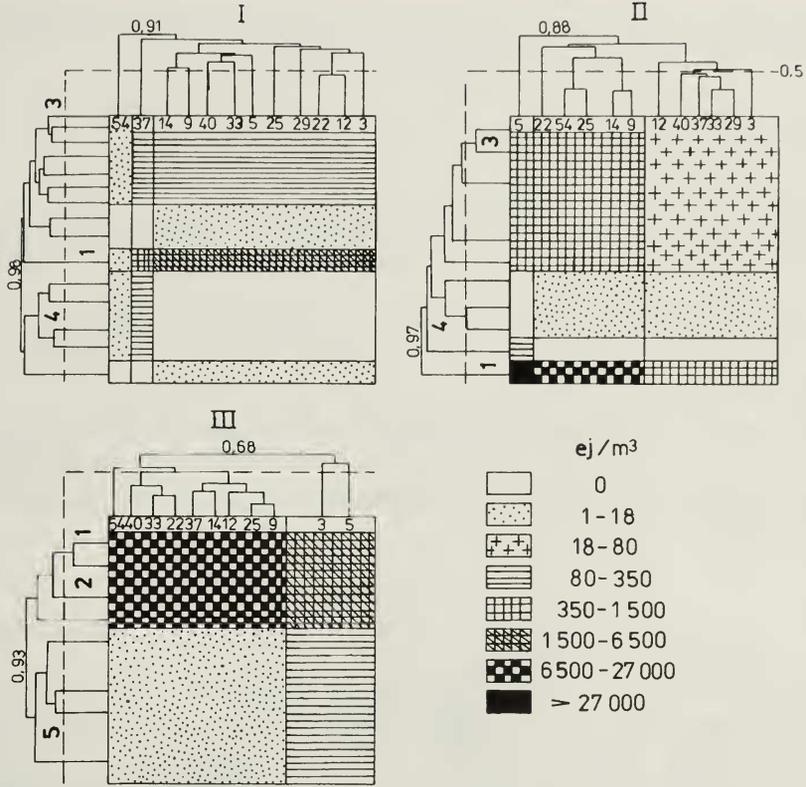
La comunidad zooplanctónica, sin embargo, tiene otro comportamiento ya que en un inicio el índice refleja la dominancia de los copépodos dentro del acuatorio. Al momento del cierre existe un ligero incremento de la diversidad por la propia entrada de especies al sistema sobre todo en determinadas estaciones (Tabla 2). Estos valores decrecen en el tercer crucero pero son algo superiores al primero, quizás por estar compartida la dominancia entre rotíferos y copépodos.

En la fauna planctónica el agrupamiento está definido por la abundancia, al menos en los dos primeros muestreos, de especies netamente marinas. Estas especies son características de regiones neríticas pero muy tolerantes a cambios bruscos de salinidad como por ejemplo *Acartia tonsa* (1) que se mantiene durante todo el proceso como especie dominante y que una vez establecido el sistema con salinidades entre 4.14 y 4.90‰, ella comparte esta dominancia con los rotíferos (2) que empiezan a invadir este acuatorio. BROWMAN (1971) y FLORES COTO, ET AL., (1981) plantean que *Acartia tonsa* puede habitar en salinidades que varían desde 0.4 hasta 80‰.

Durante el proceso de desalinización esta especie marca diferencias entre los agrupamientos de las estaciones (Fig. 6). Junto a ella *Oithona nana* (3) también eurihalina, juegan un papel importante en el ecosistema pero desaparece durante el tercer muestreo donde los máximos de salinidad no son soportables para ella. (Fig. 6)

Otros grupos de especies (4 y 5) transitan en algún momento por el acuatorio pero siempre en bajas concentraciones. (Fig. 6)

Durante el proceso de desalinización los copépodos presentaron el 78% de la comunidad indicando la importancia del grupo en zonas costeras eutrofizadas mientras que el resto de los grupos sólo alcanzaron un 22%. Una vez que en el sistema se estabiliza la



**Fig. 6.** Análisis nodal del agrupamiento atendiendo al índice de disimilitud de Cambera en los tres cruceros realizados.

**Fig. 6.** Nodal analysis of the zooplankton cluster in three cruises carried out attend the Cambera index.

salinidad alrededor de 4‰, la composición varía ocupando los copépodos un 38% y los rotíferos un 60%. (Fig. 7)

Como esta comunidad siempre estuvo representada o dominada por especies de amplios rangos halinos no se observaron decrementos en su densidad ni en su biomasa en el momento del cierre del canal como sí ocurrió en el resto de los parámetros analizados.

Los valores promedio del zooplancton variaron desde 3 681 hasta 44 690 ej/m<sup>3</sup> reportando en el momento del cierre concentraciones promedio de 9 744 ej/m<sup>3</sup>.

En sentido general durante los dos primeros muestreos las distribuciones fueron muy similares; sólo las estaciones 5, 25 y 54 reportan concentraciones algo más elevadas a raíz del cierre del Canal, motivado fundamentalmente por *Acartia tonsa* (Fig. 7A). En el tercer muestreo las densidades se incrementan considerablemente al incorporarse al sistema en forma masiva dos especies dulceacuícolas *Brachionus plicatilis* y *Brachionus calciflorus* que integran el grupo de los rotíferos, grupo este que ocupa el segundo lugar en importancia dentro del ecosistema estudiado.

La biomasa zooplanctónica varió desde 0,01 hasta 4,88 mgC/m<sup>3</sup>, presentando una distribución muy similar a la obtenida en las densidades. (Fig. 7)

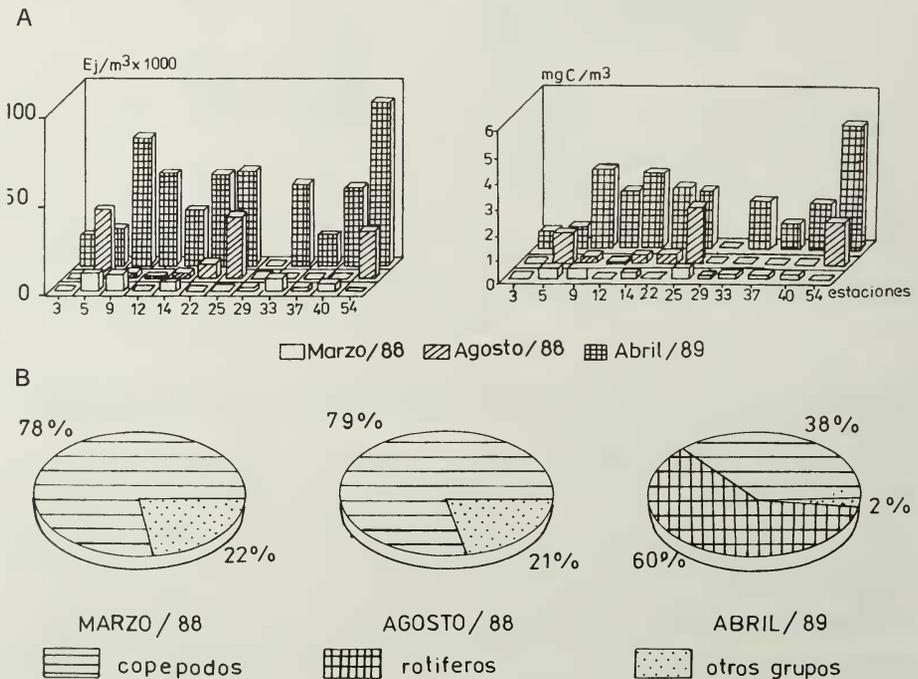
### CONCLUSIONES

1. En el momento del cierre del canal actuaron como elementos negativos para la comunidad planctónica el cambio halino del sistema lagunar y los bajos niveles de nutrientes.

2. El déficit de fósforo total soluble durante el primero y el tercer muestreo puede deberse al proceso de contaminación y a los incrementos de las comunidades bacterianas y fitoplanctónicas respectivamente.

3. Los valores obtenidos tanto en densidad como en biomasa fitoplanctónica indican que la laguna mantuvo índices eutróficos durante todo el proceso de desalinización.

4. Las especies dulceacuícolas sólo representaron un 6% del total de la comunidad fitoplanctónica.



**Fig. 7.** Densidad y biomasa mesozooplanctónica por estaciones en cada crucero realizado (A). Composición porcentual de los grupos fundamentales que habitan en la laguna durante el proceso de desalinización (B).

**Fig. 7.** Density and biomass by stations in each cruiser carried out (A). Porcentual composition of fundamental groups which habit in the lagoon during desalinization process (B).

5. Los fitoflagelados fueron dominantes con respecto a la concentración celular durante todo el proceso de desalinización. Sin embargo con la biomasa el mayor aporte fue ofrecido a partir del cierre, por las diatomeas, cianofíceas y dinoflagelados.

6. Los agrupamientos por estaciones de las especies encierran diferentes características en cada muestreo pero evidencian los momentos y lugares donde se mezclan las especies marinas con las dulceacuícolas.

7. La diversidad específica del fitoplancton se incrementó al momento del cierre del canal y comienza a ser poblada con especies dulceacuícolas sumándose a las marinas ya existentes.

8. Durante el proceso de desalinización los copépodos representaron el 78% de la comunidad zooplanctónica indicando la importancia del grupo en zonas costeras eutrofizadas.

9. En el tercer muestreo la composición zooplanctónica varía al incorporarse al sistema formas masivas dulceacuícolas ocupando entonces los copépodos un 38% y los rotíferos un 60% de la comunidad.

10. La biomasa zooplanctónica presentó una distribución similar a la obtenida en las densidades.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOWMAN, T.E 1971. The distribution of Calanoid copepods off the southeastern United States between Cope Hotters and souther Florida. *Swithson. Contrib. zool.* 96:58.
- CHISLENKO, L.L. 1968. *Nomogramas para la determinación del peso seco de los organismos acuáticos según el tamaño y la forma del cuerpo (mesobentos y plancton marino)* [en ruso]. Editorial Nauka Leningrado. 106 pp.
- FLORES COTO, C. Y J.L. SALAS MARMOLEJO 1981. Abundancia, distribución y variación de los copépodos en la Laguna Términos. Un ciclo anual. VII Simposio Latinoamericano sobre Ocenografía biológica, México.
- GÓMEZ CARRO, R.; M.C. PÉREZ EIRIZ; MA. A. PUBILLONES; R. AMADOR; G. POPOWSKI Y M. SÁNCHEZ 1990. Características de la producción y la descomposición de la materia orgánica en la mayor laguna costera de Cuba. II Simposio de Ciencias del Mar. Cuba.
- KETCHUM, B.H. 1969. Eutrophication of estuaries. Causes, consequences and correctives. National Academy of Sciences Washington: 661p.
- LOVEGROVE, T. 1966. The determination of the dry weight of plankton and the effect of varies factors on the values obtained. *Some Contemporary Studies in Marine Sciences*: 429-467.
- POPOWSKI, G Y N. BORRERO 1989. Utilización de fijadores en la conservación de flagelados y su influencia en la determinación de la concentración del fitoplancton en el golfo de Batabanó. *Acad. Cien. Cuba. Reporte de investigación.* 11: 1-16.
- SHANNON, C.E. AND W. WEAVER 1963. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press Urbano , 117 pp.
- STRATHMANN, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volumen of plasma volumen. *Limnol. and Oceanogr.*, 12(3): 411-418